

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/EP 03 / 05964

PRIORITY  
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 11 JUL 2003

WIPO PCT

Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung

Aktenzeichen:

102 30 032.1

Anmeldetag:

4. Juli 2002

Anmelder/Inhaber:

DaimlerChrysler AG, Stuttgart/DE

Bezeichnung:

Piezoelektrischer Aktor für umströmende Medien so-  
wie Verwendung eines entsprechenden piezoelektri-  
schen Aktors

IPC:

H 02 N, F 02 M

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-  
lichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.München, den 11. Juni 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

HoB

DaimlerChrysler AG

Schleicher

27.06.2002

Piezoelektrischer Aktor für umströmende Medien sowie Verwen-  
dung eines entsprechenden piezoelektrischen Aktors

- 5 Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor für umströmte Medien gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie er bspw. aus der gattungsbildend zugrundegelegten DE 198 18 068 A1 als bekannt hervorgeht sowie Verwendungen desselben.
- 10 Aus gattungsbildend zugrundegelegten DE 198 18 068 A1 ist ein piezoelektrischer Aktor für umströmte Medien bekannt, welcher einen Piezostapel aufweist, der innerhalb einer formveränderlichen Isolationsmasse aus einem elastischen Kunststoff mit direktem Kontakt zu dieser angeordnet ist. Die Isolationsmas-
- 15 se ist ihrerseits von einem Aktorgehäuse umfasst. Das Aktorgehäuse wird von einem Gehäusemantel gebildet, der an seinem einen Ende mit einem formstabilen Aktordeckel und an seinem anderen Ende mit einem formstabilen Aktorboden verbunden ist. Der Aktordeckel bzw. der Aktorboden sind mit den aktiven
- 20 Hauptflächen des Piezostapels verbunden. Die elektrischen Anschlussleitungen des Piezostapels sind durch den Aktordeckel hindurchgeführt. Des weiteren ist es denkbar, die elektrischen Anschlüsse des Piezostapels bis an die Endplatten (Aktordeckel bzw. Aktorboden) des Aktors heranzuführen und eine
- 25 oder beide Endplatten als elektrische Kontaktflächen zu nutzen.

Da die elektrisch isolierende Isolationsmasse aus einem elastischen Kunststoff, z.B. Silicon, gebildet ist, der direkt an

30 der Außenfläche des Piezostapels anliegt, muss sie der sehr

schnellen Bewegung des Piezostapels im Einsatz folgen. Hierdurch besteht die Gefahr einer Rissbildung in der Isolationsmasse sowie der Ablösungen von Isolationsmasse, so dass das umströmende Medium in zerstörerischer Weise an den Piezostapel gelangen kann.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, die Standzeit derartiger Aktoren für umströmende Medien zu erhöhen.

10 Die Aufgabe wird mit einem Aktor mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Durch die Ausführung des Gehäusemantels aus einem lappigen und/oder elastischen Material mit den beanspruchten Merkmalen wird die hermetische Trennschicht weg von der hochaktiven Fläche des Piezostapels verlagert. Dadurch  
15 sind u.a. die Abnützungserscheinungen zwischen dem insbesondere eine piezoelektrische Keramik aufweisenden Piezostapel und der Isolationsmasse zumindest verringert. Dies wird ferner durch einfache konstruktive Maßnahmen erreicht, so dass auf aufwendige Konstruktionen zur Abdichtung verzichtet werden kann.  
20

Ein erfindungsgemäßer Aktor ermöglicht damit eine freie Längenänderung des Aktors, respektive des Piezostapels, wobei eine Benetzungswahrscheinlichkeit des Piezostapels mit einem  
25 insbesondere aggressiven umströmenden Medium, vorzugsweise einem unter Druck stehenden Kraftstoff, zumindest verringert wird.

Der Gehäusemantel weist an allen Punkten einen Abstand von  
30 dem Piezostapel auf. Ferner entspricht die entlang der Mantellinie gemessene Mantellänge des Gehäusemantels mindestens der Maximalausdehnung des Aktors und/oder bzw. der Gehäusemantel ist mindestens entsprechend dehnbar, damit die Ausdehnung des Piezostapels seitens des Gehäusemantels wahrgenommen  
35 werden kann.

Da die Isolationsmasse vorzugsweise weitgehend aus einem inkompressiblen Medium gebildet wird, ist dessen Formveränderung, bspw. die Ausbildung einer Taille bei der Ausdehnung des Piezostapels, bei der Dimensionierung der Länge des Gehäusemantels insbesondere in Richtung der Ausdehnung des Piezostapels zu berücksichtigen.

Des weiteren ist zwischen dem Gehäusemantel und dem Piezostapel als Isolationsmasse ein elektrisch isolierendes Fluid, insbesondere eine Flüssigkeit, und/oder ein Gel eingebracht, wobei die Isolationsmasse, insbesondere ein Siliconöl, zumindest weitgehend das Innenvolumen des Aktorgehäuses füllt. Damit ist das Innenvolumen des Aktorgehäuses zumindest weitgehend frei von einem kompressiblem Gas.

15

Bei dem beanspruchten Aufbau weist einzig die fluidische Isolationsmasse einen Kontakt zu dem Piezostapel auf. Daher sind die hier auftretenden Scherkräfte allenfalls gering, womit die Standzeit des Aktors erhöht ist. Vor diesem Hintergrund ist es ferner von Vorteil, wenn die Isolationsmasse zur Abfuhr ggf. auftretender Reibungswärme zwischen dem Piezostapel und ihr, eine gute bis hohe Wärmeleitfähigkeit aufweist.

20

Gleiches gilt für die Wärmeabfuhr aus dem Piezostapel, weshalb die Wärmeleitfähigkeit der Isolationsmasse vorzugsweise gleich oder größer als die des Materials des Piezostapels ist.

25

In vorteilhafter Weise gilt dasselbe für die Wärmeleitfähigkeit der beiden Endplatten (Aktordeckel und Aktorboden), wodurch die Ableitung der im aktiven Betrieb anfallenden Wärme an das umströmende Medium erleichtert und/oder verbessert ist.

30

Da die den Aktor umströmenden Medien, insbesondere Kraftstoff zum Betrieb einer Brennkraftmaschine, durchaus chemisch oder auf andere Weise einen aggressiven Charakter aufweisen kön-

35

nen, wird als Material des Gehäusemantels in zweckmäßiger Weise ein gegenüber diesen zu erwartenden Beanspruchungen zumindest weitgehend resistentes Material gewählt.

- 5 In günstiger Weise entspricht die Viskosität des Isolationsmediums in etwa der des umströmenden Mediums, da dadurch die Belastung des Material des Gehäusemantels seitens des umströmenden Mediums weiter verringert ist.
- 10 Insbesondere bei der Verwendung von Aktoren, deren Endplatte(n) als elektrische Kontakte verwendet werden, handelt es sich bei dem Material des Gehäusemantels in sinnvoller Weise um ein elektrisch isolierendes Material.
- 15 Je nach Anwendungsfall, bspw. in der Hydraulik, ist es günstig, den Aktordeckel gegenüber dem Aktorboden mit einer unterschiedlichen Querschnittsfläche auszubilden. In weiterführender Weise weist der Aktordeckel und/oder der Aktorboden eine Querschnittsfläche auf, die den jeweiligen Einsatzbedin-
- 20 gungen angepasst ist.

Ein bevorzugter Einsatz erfindungsgemäßer Aktoren ist in einem und/oder als ein Einspritzventil, insbesondere einer Brennkraftmaschine, vorzugsweise in einem Otto- oder Dieselmotor. Ferner kann ein derartiger Aktor auch für ein Proportionalventil und/oder für eine Sonotrode verwendet werden.

Sinnvolle Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen entnehmbar. Im übrigen wird die Erfindung anhand von in den Figuren

30 dargestellten Ausführungsbeispielen näher erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 eine Explosionsdarstellung eines Aktors,

Fig. 2 einen in einem Medium angeordneten Aktor nach Figur 1 in entspanntem Zustand,

5 Fig. 3 den Aktor nach Figur 1 in vollständig ausgedehnten Zustand,

10 Fig. 4 ein Aktors mit geöffnetem Aktordeckel und aus dem Aktorgehäuse einseitig herausgeführten elektrischen Leitungen,

Fig. 5 eine Aktors mit an beiden Endplatten angeordneten elektrischen Leitungen,

15 Fig. 6 eine Aktor mit unterschiedlichen Endplatten und elastischem Material für den Gehäusemantel und

Fig. 7 den Aktor nach Figur 6 mit ausgedehntem Piezostapel.

20 In Figur 1 ist eine Explosionszeichnung eines erfindungsgemäßen Aktors dargestellt. Der Aktor weist in seinem Inneren einen mittig angeordneten Piezostapel 1 aus mehreren Lagen von Piezofolien aus einer piezoelektrischen Keramik auf.

25 Der Piezostapel 1 ist von einer elektrisch isolierenden Isolationsmasse 3, insbesondere einem Siliconöl, umgeben. Die Isolationsmasse 3 ist außenseitig von einem Gehäusemantel 4 umgeben, der gegenüber der Isolationmasse 3 dicht verschlossen ist.

30 An den aktiven Hauptflächen des Piezostapels 1 ist einerseits ein formstabiler Aktordeckel 5b und andererseits ein formstabiler Aktorboden 5a vorzugsweise äquidistant zueinander angeordnet.

35 Der Aktorboden 5a und der Aktordeckel 5b sind beide hinsichtlich der Isolationsmasse 3 sowie hinsichtlich des umströmen-

den Mediums dichtend mit dem Gehäusemantel 45 verbunden. Aktorboden 5a, Aktordeckel 5b und Gehäusemantel 4 bilden zusammen ein zumindest gegenüber der Isolationsmasse 3 und dem umströmendem Medium dichtes Aktorgehäuse.

5

An den Aktordeckel 5b sind elektrische Anschlußleitung 2 geführt, die beide mit Bereichen des Aktordeckels 5b elektrisch leitend, aber dennoch gegenüber einander isolierend verbunden sind. Jeweils eine der Anschlußleitungen 2 ist mit gleichpoligen Bereichen der Piezofolien verbunden. Sie dienen zur Spannungsversorgung und zur Steuerung der Ausdehnung des Piezostapels 1. Auf diese Weise stellen die entsprechenden mit diesen Anschlußleitungen 2 verbundenen Bereiche des Aktordeckels 5b Kontaktflächen zur elektrischen Steuerung des Aktors dar.

15

Der Gehäusemantel 4 besteht im vorliegenden Ausführungsbeispiel aus einem lappigen, vorzugsweise reisfesten Material. Er weist an allen Punkten einen nicht notwendigerweise gleichbleibenden Abstand von dem Piezostapel 1 auf.

20

In Figur 2 und 3 ist der Aktor nach Figur 1 in einem umströmenden und unter Druck (siehe Pfeile) stehenden Kraftstoff für Brennkraftmaschinen, vorzugsweise Otto- oder Dieselmotoren, dargestellt. In zusammengefahrenem Zustand ist der aus lappigem Material gefertigte Gehäusemantel 4 von unregelmäßiger sowie axial (entlang der Hauptausdehnungsrichtung des Piezostapels 1) und radial zusammengeschobener bzw. -gedrückter Form (siehe Figur 2). Bei vollständiger Ausdehnung des Piezostapels 1 (siehe Figur 3) wird der Gehäusemantel 4 gestreckt und nähert sich einem geraden Verlauf an.

30

Wie ersichtlich entspricht die entlang der Mantellinie gemessene Mindesthöhe des Gehäusemantels 4 mindestens der entsprechenden Maximalausdehnung des Aktors. Die genannte Mindesthöhe beinhaltet auch einen Ausgleich einer Formveränderung der I-

35

solationsmasse 3, wie sie bei einer Ausdehnung des Piezostapels zumindest auftreten kann.

Die Formänderung der flüssigen und/oder gel-artigen Isolationsmasse 3, vorzugsweise eines Siliconöl, beruht auf der Inkompressibilität von Flüssigkeiten. Da bei einer Ausdehnung des Piezostapels 1 das Volumen einer inkompressiblen Isolationsmasse 3 gleichbleibt, muss sich ihre Form ändern. Dies kann bspw. - wie in Figur 7 - dargestellt von zylindrisch nach zylindrisch tailliert erfolgen.

Daraus ergibt sich, dass die Minimallänge des Mantels zumeist etwas größer ist als der Abstand der beiden Endplatten 5 bei vollständig ausgedehntem Piezostapel 1 (siehe Figur 2 und 3). Der Ausgleich sollte bei einem rein lappigen und unelastischen Material schon bei der Längenbemessung für den Gehäusemantel berücksichtigt werden. Bei einem elastischen Material kann die Ausgleichslänge und/oder der Hub des Piezostapels 1 insbesondere allein durch die Elastizität des Materials aufgebracht werden.

Das Ausführungsbeispiel gemäß Figur 4 ist in weiten Teilen gleichartig zu demjenigen nach den vorhergegangenen Figuren ausgebildet. Die Darstellung ist jedoch ohne Aktordeckel 5b und ohne Isolationsflüssigkeit dargestellt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Steuerleitungen 7 jedoch durch den - nicht gezeichneten - Aktordeckel 5b hindurch direkt und elektrisch isoliert voneinander nach außen geführt.

In dem Ausführungsbeispiel nach Figur 5 hingegen ist eine Anschlußleitung mit dem Aktorboden 5a und die andere mit dem Aktordeckel 5b elektrisch leitend verbunden. Insbesondere in diesem Fall sollte der Gehäusemantel 4 aus einem elektrisch isolierenden Material gefertigt sein.

In Figur 6 und 7 sind Aktoren dargestellt, deren Aktorboden 5a und Aktordeckel 5b einen unterschiedlichen Querschnitt



- aufweisen. Gleichzeitig dienen die Endplatten als elektrische Anschlüsse für den Piezostapel 1. Der Gehäusemantel 4 ist aus einem Material gefertigt, das elektrisch isolierend und elastisch ist. Im entspannten Zustand (Spannung gleich Null) des Piezostapels 1 ist die Mantellänge des Gehäusemantels größer als der Abstand zwischen den beiden mit ihnen dichtend verbundenen Endplatten 5, so daß der Gehäusemantel einen lappigen Eindruck erweckt.
- 10 Im vollständig ausgedehnten Zustand des Piezostapels 2 (siehe Figur 7 verläuft die Mantellinie des Gehäusemantels 4 zwischen den beiden Endplatten 5 nicht geradlinig, sondern weist aus den oben genannten Gründen eine Taille auf.
- 15 Bei dem vorliegenden elastischen Material des Gehäusemantels 4, der zusätzlich noch lappig angebracht ist, wird bei diesem Ausführungsbeispiel die Ausgleichslänge durch die gegenüber der zusammengezogenen Stellung des Piezostapels 1 größere Mantellänge sowie durch die Elastizität des Materials des Gehäusemantels 4 aufgebracht.
- 20

DaimlerChrysler AG

Schleicher

27.06.2002

Patentansprüche

15. 1. Piezoelektrischer Aktor für umströmte Medien, mit einem  
Piezostapelstapel, der mit direktem Kontakt zumindest be-  
reichsweise innerhalb einer formveränderlichen Isolations-  
masse angeordnet ist, die ihrerseits von einem fluidisch  
verschlossenen Aktorgehäuse umfasst ist, welches von einem  
10 Gehäusemantel und einem damit verbundenen formstabilen Ak-  
tordeckel und ebenfalls damit verbundenen formstabilen Ak-  
torboden gebildet wird, wobei der Aktordeckel bzw. der Ak-  
torboden an den aktiven Hauptflächen des Piezostapel ange-  
ordnet sind, und bei welchen Aktor die elektrischen An-  
15 schlussleitungen des Piezostapels über oder unter Zuhilfe-  
nahme des Aktordeckel und/oder des Aktorboden aus dem Ak-  
torgehäuse nach außen geführt sind,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Gehäusemantel (4) aus einem lappigen und/oder e-  
20 lastischen Material gefertigt ist,  
dass der Gehäusemantel (4) an allen Punkten einen Abstand  
von dem Piezostapel (1) aufweist,  
dass die entlang der Mantellinie gemessene Mantellänge  
des Gehäusemantels (4) mindestens der Maximalausdehnung  
25 des Piezostapels (1) entspricht und/oder der Gehäusemantel  
(4) entsprechend dehnbar ist,  
dass die Isolationsmasse (3) ein elektrisch isolierendes  
Fluid und/oder ein Gel ist,  
dass das Innenvolumen des Aktorgehäuses zumindest weitge-  
30 hend mit der Isolationsmasse (3) gefüllt ist und  
dass der Gehäusemantel (4) und der Aktorboden (5a) und der

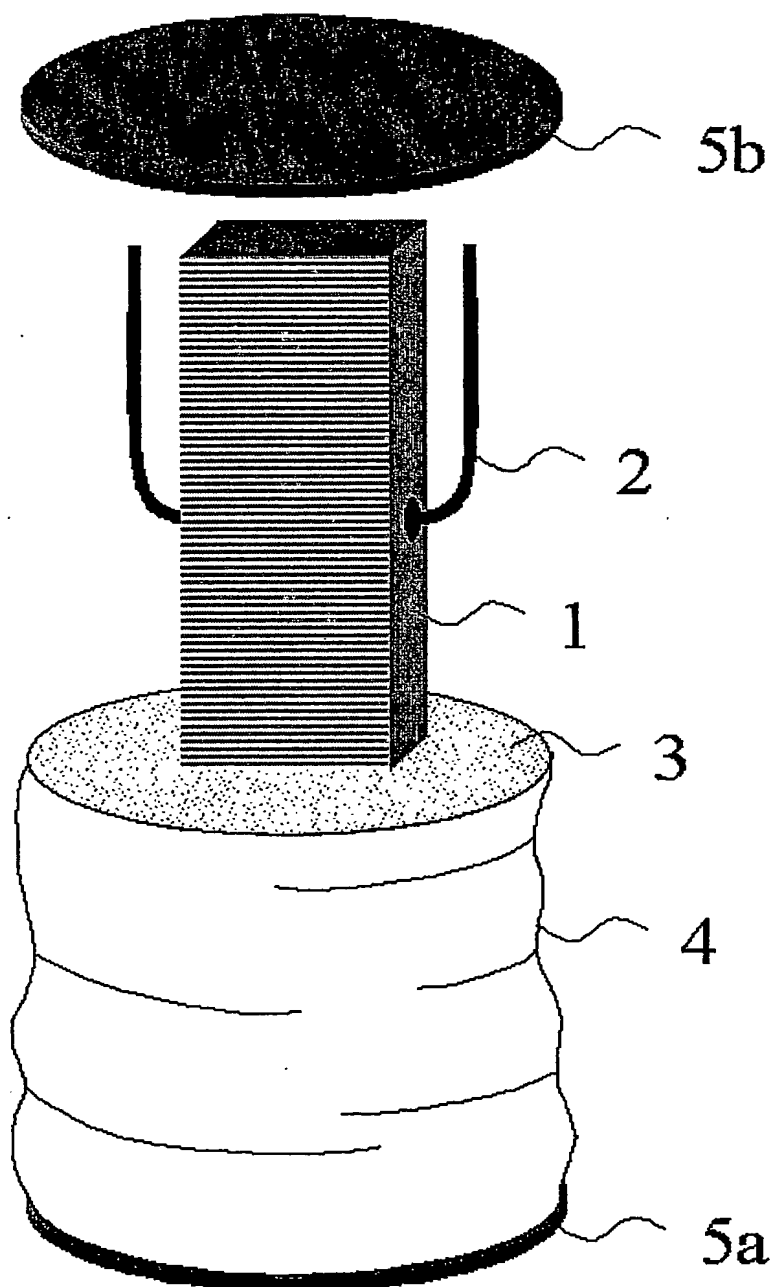
Aktordeckel (5b) gegenüber der Isolationsmasse (3) und dem umströmenden Medium dichtend miteinander verbunden sind.

2. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
5     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Piezostapel (3) piezoelektrische Keramik aufweist.
3. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
10     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass der Aktordeckel (5a) und der Aktorboden (5b) äquidistant zueinander angeordnet sind.
4. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
15     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Material des Gehäusemantels (4) zumindest weitgehend resistent gegenüber dem ihn umströmenden Medium, insbesondere Kraftstoff ist.
- 20   5. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass das Innenvolumen des Aktorgehäuses zumindest weitgehend gasfrei ist.
- 25   6. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass die Viskosität des Isolationsmediums (3) in etwa der des umströmenden Mediums entspricht.
- 30   7. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
dass Material des Gehäusemantels (4) elektrisch neutral ist.
- 35   8. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,

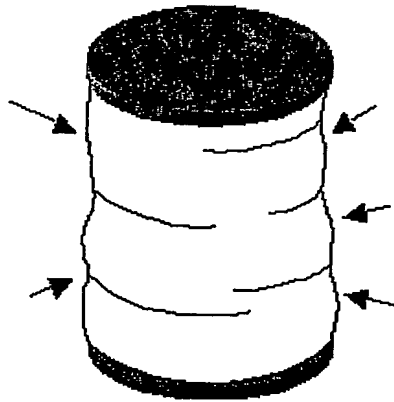
dass der Aktordeckel (5a) und der Aktorboden (5b) eine unterschiedliche Querschnittsfläche aufweisen.

9. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
5     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
      dass die Isolationsmasse (3) ein Siliconöl ist.
10. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
      d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
10     dass die Wärmeleitfähigkeit der Isolationsmasse (3)  
      gleich oder größer als die des Materials des Piezostapels  
      (1) ist.
11. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
15     d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
      dass der Aktordeckel (5a) und/oder der Aktorboden (5b)  
      eine Querschnittsfläche aufweisen, die jeweils der zuge-  
      ordneten und quer zur Hauptausdehnungsrichtung des Pie-  
      zostapels (1) angeordneten Aktivfläche des Piezostapels  
20     (1) entspricht.
12. Piezoelektrischer Aktor nach Anspruch 1,  
      d a d u r c h     g e k e n n z e i c h n e t ,  
      dass der Aktorboden (5a) und/oder der Aktordeckel (5b)  
25     mindestens zwei voneinander elektrisch isolierte Ab-  
      schlußbereiche für die elektrischen Anschlussleitungen  
      (2) des Piezostapels (1) aufweisen.
13. Verwendung eines piezoelektrischen Aktors nach Anspruch 1  
30     für ein Einspritzventil, insbesondere einer Brennkraftma-  
      schine, vorzugsweise einem Otto- oder Dieselmotor.
14. Verwendung eines piezoelektrischen Aktors nach Anspruch  
      1 für ein Proportionalventil.  
35
15. Verwendung eines piezoelektrischen Aktors nach Anspruch  
      1 für einen Sonotrode.

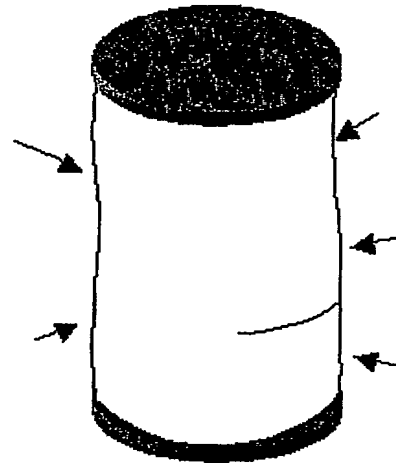
Figur 1



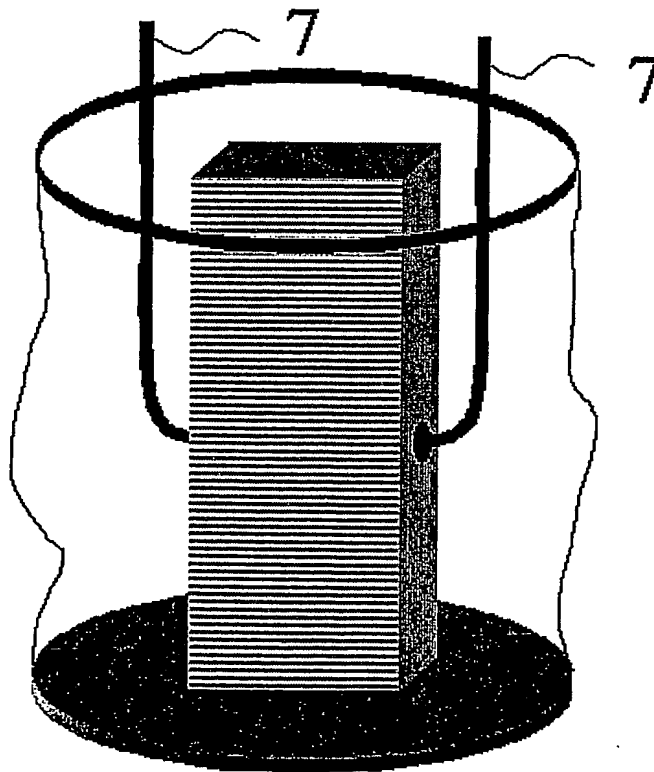
Figur 2



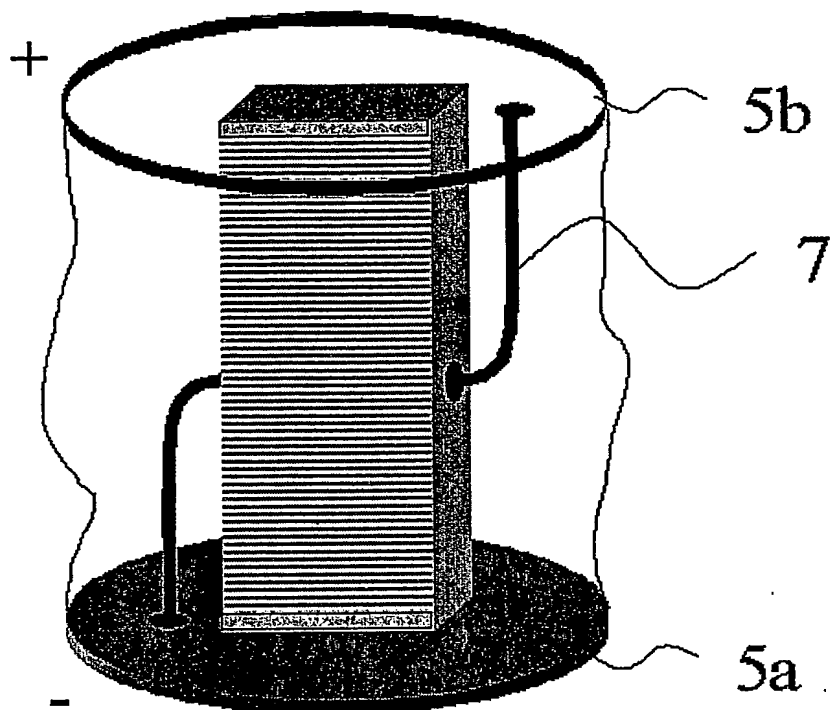
Figur3



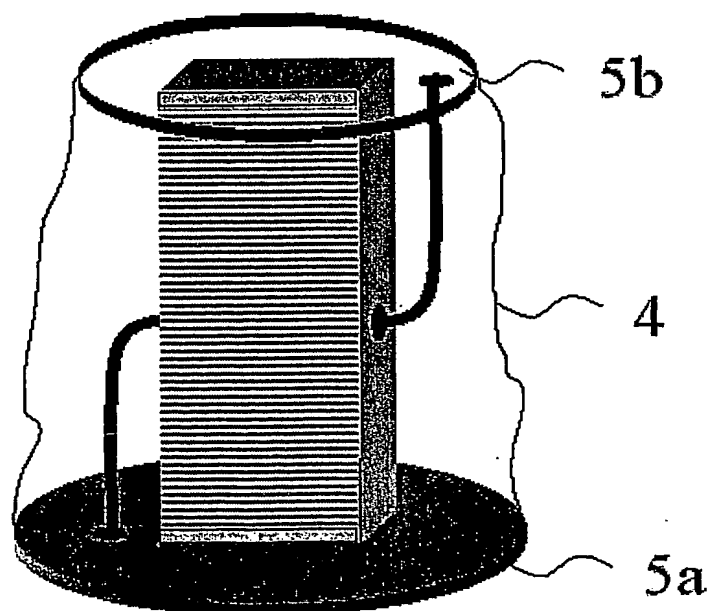
Figur 4



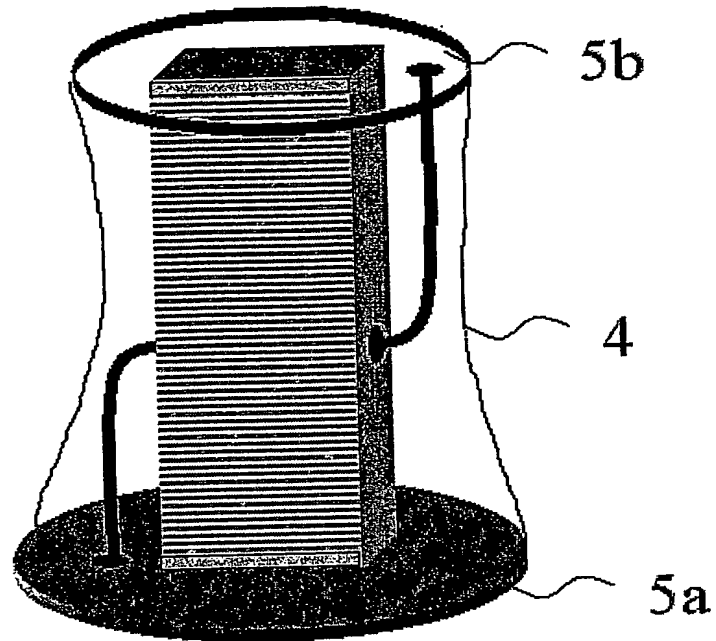
Figur 5



Figur 6



4/4  
Figur 7





DaimlerChrysler AG

Schleicher

27.06.2002

Zusammenfassung

5 Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Aktor für ihn  
umströmende Medien, mit einem Piezostapel, der mit direktem  
Kontakt zumindest bereichsweise innerhalb einer formveränder-  
lichen Isolationsmasse angeordnet ist, die ihrerseits von ei-  
nem fluidisch verschlossenen Aktorgehäuse umfasst ist, wel-  
10 ches von einem Gehäusemantel gebildet wird, der an seinem ei-  
nem Ende von einem formstabilen Aktordeckel und seinem ande-  
ren Ende von einem formstabilen Aktorboden begrenzt ist. Der  
Aktordeckel und der Aktorboden sind an den aktiven Hauptflä-  
chen des Piezostapel angeordnet. Zur Erhöhung der Standzeit  
15 ist der Gehäusemantel aus einem lappigen und/oder elastischen  
Material gefertigt und weist an allen Punkten einen Abstand  
von dem Piezostapel aufweist. Die entlang der Mantellinie ge-  
messene Mantellänge des Gehäusemantels entspricht mindestens  
der Maximalausdehnung des Piezostapels und/oder der Gehäuse-  
20 mantel ist entsprechend dehnbar. Ferner ist die Isolations-  
masse ein elektrisch isolierendes Fluid und/oder ein Gel und  
füllt das Innenvolumen des dichten Aktorgehäuses zumindest  
weitgehend aus.